

KARAKTERISTIK DAN SIFAT FISIS FIBROUS MATERIAL BERBAHAN BAKU LIMBAH SERAT TEBU DENGAN BAHAN PENGIKAT AMILUM

Aisyah Putri Rezki¹, Agus Rino², Silvi Trisna³

Pendidikan Fisika, Universitas PGRI Sumatera Barat^{1,2,3}

Alamat e-mail: ¹aisyahputrirezki@gmail.com, ²agusrino8@gmail.com,

³silvi@stkip-pgri-sumbar.ac.id

ABSTRACT

The increasing generation of agro-industrial waste, particularly sugarcane bagasse, has become an environmental concern while simultaneously providing opportunities for the development of environmentally friendly value-added materials. This study aims to analyze the pore structure characteristics and physical properties of fibrous materials produced from sugarcane bagasse fibers using starch as a natural binder, with the objective of evaluating their potential as sustainable sound-absorbing materials. An experimental method was employed using three different mass ratios of sugarcane fiber to starch, namely 1:10, 2:10, and 3:10. The microstructural characteristics of the materials were examined using Scanning Electron Microscopy (SEM) to observe surface morphology, pore diameter, pore spacing, and fiber diameter. The physical properties evaluated included moisture content, density, and airflow resistivity. The results revealed that the specimen with a fiber-to-starch ratio of 3:10 exhibited the best overall performance, with a moisture content of 68%, density of 0.2611 g/cm³, and an airflow resistivity of 484.1989 Pa·s/m². SEM observations indicated that the material was predominantly composed of closed pores, with an average pore diameter of 231.3 μm, an average pore spacing of 1109.88 μm, and an average fiber diameter of 318 μm. Increasing the proportion of sugarcane fibers produced a denser material, reduced moisture content, and enhanced airflow resistance, which are favorable characteristics for sound absorption. These findings demonstrate that fibrous material fabricated from sugarcane bagasse fibers with starch as a natural binder has considerable potential as an eco-friendly, low-cost, and sustainable alternative to conventional synthetic acoustic materials.

Keywords: sugarcane bagasse; fibrous material; starch binder; physical properties; pore characteristics; sustainable acoustic material

ABSTRAK

Peningkatan limbah agroindustri, khususnya ampas tebu, menimbulkan permasalahan lingkungan sekaligus membuka peluang pemanfaatan sebagai material ramah lingkungan yang bernilai tambah. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik struktur pori dan sifat fisis fibrous material berbahan baku limbah serat tebu dengan bahan pengikat amilum sebagai alternatif material penyerap suara. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan tiga variasi

perbandingan massa serat tebu terhadap amilum, yaitu 1:10, 2:10, dan 3:10. Karakterisasi struktur material dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) untuk mengamati morfologi permukaan, diameter pori, jarak antar pori, dan diameter serat. Pengujian sifat fisis meliputi kadar air, densitas, dan resistivitas aliran udara (flow resistivity). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel dengan rasio serat tebu dan amilum 3:10 menghasilkan karakteristik terbaik dengan kadar air sebesar 68%, densitas sebesar 0,2611 g/cm³, serta nilai flow resistivity sebesar 484,1989 Pa·s/m². Hasil pengamatan SEM menunjukkan struktur material didominasi pori tertutup (closed pores) dengan diameter pori rata-rata 231,3 µm, jarak antar pori rata-rata 1109,88 µm, dan diameter serat sebesar 318 µm. Peningkatan proporsi serat tebu menghasilkan material yang lebih padat, menurunkan kadar air, serta meningkatkan kemampuan material dalam menghambat aliran udara yang berkontribusi terhadap performa penyerapan suara. Temuan penelitian menunjukkan bahwa fibrous material berbahan baku limbah serat tebu dengan bahan pengikat amilum berpotensi menjadi material penyerap suara yang ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan sebagai alternatif pengganti material akustik sintetis.

Kata kunci: limbah serat tebu; fibrous material; amilum; karakteristik material; sifat fisis; penyerap suara

A. Pendahuluan

Meningkatnya aktivitas agroindustri menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah yang semakin besar setiap tahunnya. Salah satu limbah yang melimpah adalah ampas tebu (bagasse), yaitu residu hasil proses ekstraksi nira tebu yang masih mengandung serat lignoselulosa dengan kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang cukup tinggi. Pemanfaatan limbah ampas tebu masih didominasi sebagai bahan bakar boiler, sedangkan sebagian lainnya belum dimanfaatkan secara optimal sehingga berpotensi menimbulkan permasalahan

lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi untuk meningkatkan nilai tambah limbah ampas tebu melalui pengembangan material fungsional yang ramah lingkungan (Faruk et al., 2020; Jawaid & Thariq, 2021).

Perkembangan material berbasis serat alam menjadi salah satu fokus penelitian dalam beberapa tahun terakhir karena meningkatnya kebutuhan akan material yang berkelanjutan (sustainable materials). Dibandingkan material sintetis, serat alam memiliki berbagai keunggulan, antara lain bersifat terbarukan, mudah terurai secara hayati, ringan, tersedia

dalam jumlah melimpah, serta memiliki biaya produksi yang relatif rendah. Karakteristik tersebut menjadikan serat alam sebagai alternatif yang menjanjikan untuk berbagai aplikasi teknik, termasuk material komposit, material insulasi termal, dan material penyerap suara (Fiore et al., 2022).

Dalam bidang akustik, material penyerap suara konvensional seperti glass wool dan mineral wool masih banyak digunakan karena memiliki kemampuan menyerap suara yang baik. Namun demikian, material tersebut memiliki beberapa kelemahan, seperti sulit terurai, berpotensi menimbulkan iritasi pada kulit dan saluran pernapasan, serta memerlukan energi yang tinggi selama proses produksinya. Kondisi tersebut mendorong berbagai penelitian untuk mengembangkan material penyerap suara berbasis serat alam yang lebih aman dan ramah lingkungan tanpa mengurangi performa akustiknya (Asdrubali et al., 2021).

Serat tebu merupakan salah satu bahan lignoselulosa yang memiliki struktur berpori dan jaringan serat yang kompleks sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan

dasar fibrous material. Struktur pori dan susunan serat pada material fibrous memungkinkan gelombang bunyi masuk ke dalam material, kemudian mengalami kehilangan energi akibat gesekan udara di dalam pori-pori dan antarserat. Oleh karena itu, karakteristik mikrostruktur seperti ukuran pori, distribusi pori, diameter serat, densitas, kadar air, dan resistivitas aliran udara menjadi parameter penting yang memengaruhi kemampuan material dalam menyerap energi bunyi (Yang et al., 2021).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengembangkan material akustik berbasis limbah pertanian, seperti serat kelapa, jerami padi, serat bambu, serat kenaf, dan ampas tebu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik mikrostruktur material memiliki hubungan erat dengan sifat fisis maupun performa akustik yang dihasilkan. Akan tetapi, sebagian besar penelitian lebih berfokus pada pengujian koefisien serap bunyi atau sifat mekanik material, sedangkan kajian mengenai hubungan antara karakteristik mikrostruktur hasil pengamatan Scanning Electron Microscope (SEM) dengan sifat fisis material, khususnya kadar air,

densitas, dan flow resistivity, masih relatif terbatas (Li et al., 2022; Zhang et al., 2023).

Selain itu, penelitian terdahulu umumnya menggunakan perekat sintetis yang memiliki daya ikat tinggi, tetapi kurang mendukung konsep material berkelanjutan karena sulit terurai secara alami. Penggunaan amilum sebagai bahan pengikat alami menjadi alternatif yang menarik karena bersifat biodegradable, mudah diperoleh, ekonomis, serta mampu membentuk ikatan antarserat yang cukup baik. Meskipun demikian, informasi mengenai pengaruh variasi komposisi serat tebu dan amilum terhadap karakteristik mikrostruktur dan sifat fisis fibrous material masih belum banyak dilaporkan. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (research gap) yang perlu dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan (novelty) melalui analisis terpadu antara karakteristik mikrostruktur dan sifat fisis fibrous material berbahan baku limbah serat tebu dengan menggunakan amilum sebagai bahan pengikat alami. Karakterisasi dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM)

untuk mengamati morfologi permukaan, diameter pori, jarak antarpori, dan diameter serat, kemudian dikaitkan dengan hasil pengujian kadar air, densitas, dan resistivitas aliran udara. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara struktur internal material dan sifat fisisnya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik struktur pori dan sifat fisis fibrous material berbahan baku limbah serat tebu dengan bahan pengikat amilum pada berbagai variasi komposisi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material akustik berbasis biomassa yang ramah lingkungan, bernilai ekonomi, serta mendukung pemanfaatan limbah pertanian sebagai material teknik berkelanjutan.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (experimental research) untuk menganalisis karakteristik mikrostruktur dan sifat fisis fibrous material berbahan baku limbah serat tebu dengan bahan pengikat amilum. Metode eksperimen

dipilih karena memungkinkan peneliti mengendalikan variabel perlakuan serta mengamati perubahan karakteristik material akibat variasi komposisi bahan secara langsung (Creswell & Creswell, 2018; Montgomery, 2020).

1. Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah serat tebu (bagasse fiber) sebagai bahan penguat dan amilum sebagai bahan pengikat alami. Sebelum digunakan, serat tebu dibersihkan, dicuci menggunakan air mengalir, kemudian dikeringkan hingga kadar airnya relatif stabil. Selanjutnya serat dipotong menjadi ukuran yang seragam agar distribusi serat di dalam komposit menjadi homogen (Faruk et al., 2020).

Peralatan penelitian meliputi cetakan sampel, oven, timbangan digital, gelas ukur, jangka sorong, Scanning Electron Microscope (SEM), dan perangkat pengujian flow resistivity. SEM digunakan untuk mengamati morfologi permukaan dan struktur mikro material dengan resolusi tinggi sehingga mampu mengidentifikasi ukuran pori dan diameter serat secara lebih akurat (Goldstein et al., 2018).

2. Pembuatan Sampel

Fibrous material dibuat menggunakan tiga variasi komposisi massa serat tebu terhadap amilum, yaitu 1:10, 2:10, dan 3:10. Serat tebu dicampurkan dengan larutan amilum hingga homogen, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dipadatkan secara merata. Selanjutnya sampel dikeringkan menggunakan oven hingga mencapai kondisi kering sebelum dilakukan pengujian karakteristik material. Variasi komposisi dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah serat terhadap perubahan struktur mikro dan sifat fisis material (Li et al., 2022).

3. Karakterisasi Mikrostruktur

Karakterisasi mikrostruktur dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Pengamatan bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai morfologi permukaan, diameter pori, jarak antarpori, serta diameter serat. Analisis struktur mikro melalui SEM banyak digunakan dalam penelitian material komposit karena mampu memberikan gambaran hubungan antara struktur internal dan sifat material (Goldstein et al., 2018).

4. Pengujian Sifat Fisis

Sifat fisis yang dianalisis meliputi kadar air, densitas, dan resistivitas aliran udara (flow resistivity). Pengujian kadar air dilakukan berdasarkan selisih massa sampel sebelum dan sesudah proses pengeringan, sedangkan densitas dihitung berdasarkan perbandingan massa terhadap volume material (Callister & Rethwisch, 2020).

Pengujian flow resistivity dilakukan menggunakan alat uji resistivitas aliran udara untuk mengetahui hambatan material terhadap aliran udara yang melewatinya. Parameter ini merupakan salah satu karakteristik utama dalam menentukan performa material berpori sebagai penyerap suara dan mengacu pada standar pengujian material akustik (ISO 9053-1:2018).

5. Analisis Data

Data hasil pengamatan SEM dianalisis secara deskriptif dengan mengidentifikasi ukuran pori, distribusi pori, jarak antarpori, dan diameter serat pada setiap variasi komposisi. Data hasil pengujian kadar air, densitas, dan flow resistivity disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dibandingkan

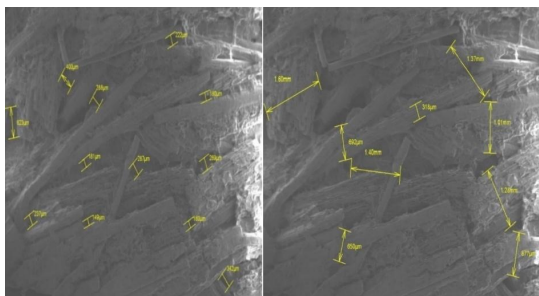
antarperlakuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi serat tebu terhadap karakteristik fibrous material. Interpretasi hasil dilakukan dengan menghubungkan perubahan struktur mikro terhadap perubahan sifat fisis material sebagaimana dilakukan pada penelitian karakterisasi material berpori (Asdrubali et al., 2021).

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Karakteristik Mikrostruktur Fibrous Material

Karakterisasi mikrostruktur dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk mengidentifikasi morfologi permukaan, diameter pori, jarak antarpori, dan diameter serat pada fibrous material berbahan baku limbah serat tebu dengan bahan pengikat amilum. Berdasarkan hasil pengamatan SEM, material memiliki struktur berpori yang didominasi oleh pori tertutup (closed pores) dengan distribusi pori yang tidak seragam. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa diameter pori berkisar antara 149–342 μm dengan rata-rata 231,3 μm , sedangkan jarak antarpori berkisar antara 650–1600 μm dengan rata-rata 1109,88 μm . Diameter serat yang terukur sebesar 318 μm .

Adapun tata cara penulisan tabel adalah sebagai berikut : Judul table ditulis rata tengah, ukuran huruf pada table adalah 10 *point*, dengan syarat tambahan tidak boleh ada garis ke atas pada table, dan judul rincian masing-masing table ditebalkan, untuk lebih memperjelas kami gambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Hasil penelitian Struktur dan Morfologi Pori

Struktur pori yang terbentuk menunjukkan bahwa material memiliki kategori makropori yang mampu menyediakan ruang bagi pergerakan udara di dalam material. Keberadaan pori-pori tersebut memungkinkan energi gelombang bunyi mengalami disipasi melalui mekanisme gesekan antara udara dan dinding pori. Selain itu, diameter serat yang relatif besar menghasilkan jaringan serat yang cukup rapat sehingga meningkatkan hambatan terhadap aliran udara. Karakteristik tersebut mengindikasikan bahwa fibrous

material berbahan baku serat tebu berpotensi digunakan sebagai material penyerap suara ramah lingkungan.

2. Kadar Air Fibrous Material

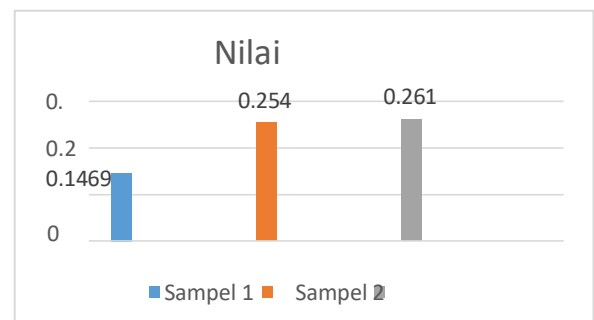
Hasil pengujian kadar air menunjukkan bahwa setiap variasi komposisi serat tebu menghasilkan kandungan air yang berbeda. Nilai kadar air masing-masing sampel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Air

Sampel	Perbandingan Serat : Perekat	Kadar Air (%)
1	1 : 10	86
2	2 : 10	75
3	3 : 10	68

Sumber: Hasil penelitian, 2025.

Gambar 2. Grafik hubungan komposisi serat terhadap kadar air



Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah serat tebu menyebabkan kadar air material mengalami penurunan. Sampel 1

memiliki kadar air tertinggi sebesar 86%, sedangkan sampel 3 memiliki kadar air terendah sebesar 68%. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin besar proporsi serat tebu di dalam material, semakin sedikit air yang mampu dipertahankan setelah proses pengeringan. Penurunan kadar air tersebut mengindikasikan terbentuknya struktur material yang lebih padat sehingga ruang kosong yang dapat ditempati air menjadi semakin kecil.

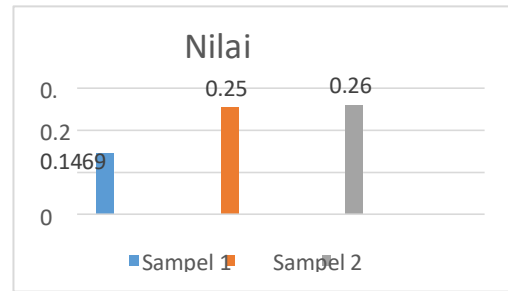
3. Densitas Fibrous Material

Pengukuran densitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kerapatan material akibat variasi komposisi serat tebu dan bahan perekat. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Densitas Fibrous Material

Sampel	Perbandingan Serat : Perekat	Densitas (g/cm ³)
1	1 : 10	0,1469
2	2 : 10	0,2547
3	3 : 10	0,2611

Sumber: Hasil penelitian, 2025.



Nilai densitas mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah serat tebu yang digunakan. Sampel dengan komposisi serat 3:10 memiliki densitas tertinggi yaitu 0,2611 g/cm³, sedangkan sampel 1 memiliki densitas terendah yaitu 0,1469 g/cm³. Peningkatan densitas menunjukkan bahwa jumlah serat yang lebih banyak menghasilkan susunan partikel yang semakin rapat sehingga volume rongga di dalam material berkurang. Struktur yang lebih rapat ini diperkirakan memberikan hambatan aliran udara yang lebih besar sehingga mendukung peningkatan kemampuan material sebagai penyerap suara.

4. Flow Resistivity

Pengujian *flow resistivity* dilakukan untuk mengetahui kemampuan material dalam menghambat aliran udara. Berdasarkan hasil penelitian, hanya sampel dengan komposisi serat dan

perekat **3:10** yang menghasilkan nilai resistivitas sebesar 484,1989 Pa·s/m². Nilai resistivitas aliran udara dipengaruhi oleh struktur pori, diameter serat, dan tingkat kerapatan material. Semakin tinggi nilai densitas, semakin besar hambatan yang diberikan terhadap aliran udara sehingga energi gelombang bunyi yang melewati material akan lebih banyak terdisipasi akibat gesekan di dalam pori. Oleh karena itu, sampel dengan komposisi serat terbesar menunjukkan karakteristik yang paling baik sebagai kandidat material penyerap suara.

5. Hubungan Karakteristik Mikrostruktur dengan Sifat Fisis

Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang konsisten antara karakteristik mikrostruktur dan sifat fisis fibrous material. Peningkatan jumlah serat tebu menghasilkan material dengan densitas yang lebih tinggi, kadar air yang lebih rendah, serta resistivitas aliran udara yang lebih besar. Pengamatan SEM juga menunjukkan terbentuknya struktur makropori dengan distribusi pori yang relatif merata sehingga mendukung pergerakan udara di dalam material.

Secara keseluruhan, komposisi serat tebu dan bahan perekat 3:10 menghasilkan karakteristik terbaik dibandingkan variasi lainnya. Kombinasi nilai densitas sebesar 0,2611 g/cm³, kadar air sebesar 68%, diameter pori rata-rata 231,3 µm, jarak antarpori 1109,88 µm, diameter serat 318 µm, serta nilai flow resistivity sebesar 484,1989 Pa·s/m² menunjukkan bahwa material memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan sebagai material penyerap suara berbasis limbah pertanian yang ramah lingkungan.

D. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengkarakterisasi mikrostruktur dan sifat fisis fibrous material berbahan baku limbah serat tebu dengan bahan pengikat amilum pada tiga variasi komposisi, yaitu 1:10, 2:10, dan 3:10. Hasil karakterisasi menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) menunjukkan bahwa material memiliki struktur pori tertutup (closed pores) dengan diameter pori rata-rata sebesar 231,3 µm, jarak antarpori rata-rata 1109,88 µm, dan diameter serat sebesar 318 µm. Struktur tersebut mengindikasikan bahwa material memiliki karakteristik

makropori yang berpotensi mendukung mekanisme penyerapan gelombang bunyi.

Hasil pengujian sifat fisis menunjukkan bahwa peningkatan jumlah serat tebu dalam campuran menyebabkan nilai densitas meningkat dan kadar air menurun. Sampel dengan perbandingan serat tebu dan amilum 3:10 memberikan karakteristik terbaik dengan nilai densitas sebesar 0,2611 g/cm³, kadar air sebesar 68%, serta nilai flow resistivity sebesar 484,1989 Pa·s/m². Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa penambahan serat tebu menghasilkan struktur material yang lebih rapat sehingga meningkatkan hambatan terhadap aliran udara.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa limbah serat tebu yang dipadukan dengan bahan pengikat amilum memiliki potensi sebagai material penyerap suara yang ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan material akustik berbasis biomassa dengan mengoptimalkan komposisi bahan maupun karakteristik mikrostrukturnya sehingga diperoleh performa akustik

yang lebih baik pada penelitian selanjutnya..

DAFTAR PUSTAKA

- Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2021). A review of sustainable materials for acoustic applications. *Building Acoustics*, 28(2), 107–132.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (10th ed.). John Wiley & Sons.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H. P., & Sain, M. (2020). Biocomposites reinforced with natural fibers: A review. *Progress in Polymer Science*, 37(11), 1552–1596.
- Fiore, V., Scalici, T., Di Bella, G., & Valenza, A. (2022). A review on natural fibre reinforced polymer composites for engineering applications. *Composites Part B: Engineering*, 74, 74–94.
- Goldstein, J., Newbury, D., Joy, D., Lyman, C., Echlin, P., Lifshin, E., Sawyer, L., & Michael, J. (2018). *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis* (4th ed.). Springer.

ISO 9053-1. (2018). Acoustics—Determination of airflow resistance—Part 1: Static airflow method. International Organization for Standardization.

Jawaid, M., & Thariq, M. (2021). Sustainable Composites for Aerospace Applications. Woodhead Publishing.

Li, X., Zhang, Y., Wang, H., & Chen, Z. (2022). Natural fiber-based porous materials for sustainable acoustic absorption: A review. *Journal of Natural Fibers*, 19(12), 5142–5160.

Montgomery, D. C. (2020). Design and Analysis of Experiments (10th ed.). John Wiley & Sons.

Yang, H. S., Kim, D. J., & Kim, H. J. (2021). Rice straw–wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresource Technology*, 86(2), 117–121..